

研究年誌65号 (2021)

(59)

タイ国と日本の教科書における 『科学と技術の本質(NOST)』 に関する記述の比較

中 島 康
早稲田大学高等学院

チャトリー ファイクハムタ
タイ国 カセサート大学教育学部

Comparison of descriptions related to “Nature of Science and Technology (NOST)” between Thailand and Japanese Textbooks

Yasushi Nakajima¹

Chatree Faikhamta²

¹Waseda University Senior High School, Japan

²Faculty of Education, Kasetsart University, Thailand

Summary

This study investigated the descriptions related to “Nature of science and technology (NOST)” in a lower-secondary science and technology textbook “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” in Thailand (STTT) and compared the descriptions with those in five science textbooks and three technology textbooks for lower-secondary education in Japan (STTJs). STTT has three NOST learning units, which are titled “How to learn science,” “Nature of science (NOS),” and “Science and problem-solving.” The three learning units include “Science process (SP),” NOS, “Scientific mind,” and “Process of engineering design (PED).” Although STTJs do not have NOST learning units, they include the explanations about SP and PED. While the descriptions about SP and PED in STTJs are practical and concrete, those in STTT are explicit and informed.

Keywords: Nature of Science and Technology, NOST, Science Process, Scientific Mind, Process of Engineering Design, Nature of Science, NOS

1. はじめに

20世紀末頃から、米国・中国・EU・シンガポール・韓国・日本など世界各国で、科学教育の改革が推進されてきた。米国においては、イノベティブ人材の育成を目的として開始されたSTEM（科学・技術・工学・数学）教育が、「技術の実践」を含む次世代科学スタンダード（NGSS）の普及によって更に拡大しようとしている [ARCHIEVE. 2013]。NGSSは「領域コア概念」「科学と技術のプラクティス」「領域横断概念」の3側面の統合を重視する科学教育スタンダードである。米国はこのスタンダードの普及によって、科学スキル（批判的思考や探究型問題解決など）を持つ学生を養成しようとしている。日本の文部科学省においても、2022年導入予定の科目「理数探究」を充実させる観点で、STEM/STEAM（Artsを含むSTEM）教育の実践事例が検証・議論されている [文部科学省 2019]。

タイ国もまた、近年、科学技術教育に急速に力を入れるようになり、STEM教育の地域リーダーとなることを目指している。同国は科学教育を促進するために、1990年にマヒドン・ウィッタヤヌソン・スクールを、1993年～1996年にかけてプリンセス・チュラボーン・サイエンススクール12校を、それら以外にも科学技術に特化した中等教育機関を設立して、優秀な生徒を集めて教育している。そのような学校の卒業生の中でも特に優秀な者は、海外の一流大学の理工系大学院に国費で派遣されている。2015年には米国での理工系の日本人博士号取得者は163名であったのに対して、タイ人博士号取得者は221名となった [Fiegener 2017]。このようにして養成された科学技術者の中には、タイ国の国家科学技術開発局やタイ科学技術研究所などで、タイ社会の課題の解決に当たっている例もあり、一定の成功を取めていることが知られている。

タイ国のK-12科学教育の目標は、「探究スキルの使用・データのパターン同定・科学的技術的な問題解決等によって、生徒に科学知識を習得させること」である。タイ国の科学教育カリキュラムは、基礎教育コアカリキュラム（BECC）によって規定されているが、科学は8分野（①生物と生命のプロセス ②生命

と環境 ③物質および物質の性質 ④力と運動 ⑤エネルギー ⑥地球の変遷過程 ⑦天文学と宇宙 ⑧科学と技術の性質 (NOST)) に分類されている [Ministry of Education Thailand 2008] [Faikhamta, ほか2018]。それらの概要は表1の通りである。

| 科学の分野 (ストランド) | 各分野 (ストランド) のコンテンツの概要 |
|------------------|---|
| ①生物と生命のプロセス | 生物の基本単位・生物の様々な組織の構造と働き・生物多様性・遺伝子の伝達・生物の様々な組織の機能・生物の進化と多様性・バイオテクノロジー |
| ②生命と環境 | 環境における多様な生物・生物と環境との関係・生態系における生物間関係・天然資源の重要性・地方、国、および世界レベルでの天然資源の利用と管理・様々な環境での生物の生存に影響する要因 |
| ③物質および物質の性質 | 材料および物質の性質・粒子間の結合力・物質の状態の変化・溶液の形成・物質の化学反応・物質の分離 |
| ④力と運動 | 電磁気力、重力、核力の性質・物体に作用する力・物体の運動・摩擦力・日常生活における様々な運動のモーメント |
| ⑤エネルギー | エネルギーと生命・エネルギー変換・光、音、電気回路、電磁波、放射能、核反応の性質と現象・物質とエネルギーの相互関係・エネルギーの保存・生命と環境にエネルギーの利用が及ぼす影響 |
| ⑥地球の変遷過程 | 地球の構造と構成要素・地質資源・土壌、岩石、水、空気の物理的性質・地表と大気の性質・地殻の変遷過程・地質学的現象・大気の変化に影響する要因 |
| ⑦天文学と宇宙 | 太陽系、銀河、大宇宙の進化・太陽系内の相互関係と地球上の生物への影響・宇宙技術の重要性 |
| ⑧科学と技術の本質 (NOST) | 科学的プロセス・知識の探究のための調査・問題解決・科学的マインド |

表1：タイ国の基礎教育コアカリキュラム (BECC) において定義された科学8分野 (ストランド) のコンテンツの概要 [Ministry of Education Thailand 2008]

BECCにおいて、科学の1分野として導入・強調されている『科学と技術の本質 (NOST)』は、科学的プロセス、知識を求めるための調査、問題解決、科学的マインドなどから構成され、タイ国の科学技術教育に関する基本的な考え方を含んでいる。NOSTは『科学の本質 (NOS)』(世界各国の科学教育に

(62)

導入され、日本の生物教科書にも1960年代からその影響とも思われる記述がみられる概念 [Lederman 1992] [中島 2020]) と関連性があるようだが、その内容の詳細は、日本はもとよりタイ国以外の国々ではほとんど知られていない。

本研究は、タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』に記載されているNOSTの記述を調査し、更に、日本の中学校の理科及び技術分野の教科書と比較することによって、両国の科学技術教育におけるNOSTの扱われ方の違いについて考察したものである。

2. 調査対象及び方法

2-1 調査対象（タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』）の概要

タイ国の中学校では、以前には、『วิทยาศาสตร์』（書名訳：科学）という科学教科書が使われていた（この教科書の化学分野の内容は方城らによって既に紹介されている [方城, 秋吉 2016]）。しかし、近年、タイ国では科学と技術の統合を目的とした科学教科書の見直しが行われ、『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』（書名訳：基礎コース科学技術、2017年改訂）という中学校科学教科書が広く利用されるようになった。本研究ではこの教科書を調査対象とした（この教科書の形式的な特徴は表2に記載されている）。

| | |
|----------|---|
| 書名訳 | 基礎コース『科学技術』 |
| サイズ | 26cm×21cm |
| 表紙 | ソフトカバー |
| 分冊（ページ数） | 中学校1年第1巻（214ページ） |
| | 中学校1年第2巻（206ページ） |
| | 中学校2年第1巻（274ページ） |
| | 中学校2年第2巻（262ページ） |
| | 中学校3年第1巻（270ページ） |
| | 中学校3年第2巻（218ページ） |
| 準拠カリキュラム | タイ国：基礎教育コアカリキュラムBECC（2008） |
| 改訂年 | 2017 |
| 監修 | タイ国教育省科学技術教育振興研究所（IPST） |
| 出版 | チュラーロンコーン大学出版 |
| 備考 | 全ページ：カラー印刷である。単元末・章末のほとんどに演習問題がある。章外に「科学と生活」というコラムがある。各巻ごとに目次・索引・参考文献・編纂に関わったオーガナイザー・科学器具の使い方に関する説明などがある。 |

表2：タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』の形式的特徴

2-2 調査対象（タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』）の各単元・各章の内容とページ数

『科学と技術の本質（NOST）』の記述を分析するに先だって、教科書全体の各単元・各章の構成を次の要領で明らかにした。

- 1 各単元内の各章の名称及びページ数を調べる。
- 2 各単元内の各章の内容がBECCによって規定される科学8分野（表1）のどの分野にあてはまるかを明らかにする。
- 3 各単元の最初にある説明・章末問題・単元末問題・章外の『科学と生活』に関するコラム・科学機器を使用するための技術・索引・参考文献・編纂に関わったオーガナイザーの説明・表紙・目次などは分析から除く。
- 4 章区分のない単元については、単元そのもののページ数・分野を調べる。

表3-1、表3-2、表3-3は、上記のやり方によって得られた教科書各学年の各章ページ数等を示している。

| 学年・巻 | 単元番号 | 章番号 | 単元名・章名 | ページ番号 | ページ数 | 分野 ^a |
|---------------|------|-----|---------------------|-----------|------|-----------------|
| 1 学年 第 1 巻 | 1 | 章なし | どのように科学を勉強するのか | 0 ～ 12 | 13 | ⑧ |
| | 2 | | 純物質 | | | |
| | | 1 | 純物質の性質 | 14 ～ 35 | 22 | ③ |
| | | 2 | 純物質の分類と成分 | 38 ～ 63 | 26 | ③ |
| | 3 | | 生物の基本単位 | | | |
| | | 1 | 細胞 | 76 ～ 102 | 27 | ① |
| | | 2 | 細胞内輸送 | 108 ～ 124 | 17 | ① |
| | 4 | | 植物の生活 | | | |
| | | 1 | 顕花植物の生殖と繁殖 | 134 ～ 159 | 26 | ① |
| | | 2 | 光合成 | 162 ～ 174 | 13 | ① |
| 1 学年 第 2 巻 | | 3 | 植物における水・栄養分・ミネラルの輸送 | 176 ～ 193 | 18 | ① |
| | 5 | | 熱エネルギー | | | |
| | | 1 | 熱と物体の変形 | 2 ～ 60 | 59 | ③ |
| | | 2 | 熱伝達 | 63 ～ 90 | 28 | ③ |
| | 6 | | 気候変動プロセス | | | |
| | | 1 | 私たちのまわりの環境 | 102 ～ 159 | 58 | ⑥ |
| | | 2 | 人間と気候変動 | 162 ～ 183 | 22 | ⑥ |

表 3-1 : タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』第 1 学年の各章の章名・ページ数・分野^a (ただし、分野^aはタイ国基礎教育コアカリキュラム (BECC) の科学 8 分野を用い、表に記した番号①～⑧は、それぞれ、①生物と生命のプロセス ②生命と環境 ③物質および物質の性質 ④力と運動 ⑤エネルギー ⑥地球の変遷過程 ⑦天文学と宇宙 ⑧科学と技術の性質 (NOST) を示している。また、ページ数の記載に当たっては、各単元の最初にある説明・章末問題・単元末問題・章外の『科学と生活』に関するコラム・科学機器を使用するための技術・索引・参考文献・編纂に関わったオーガナイザーの説明・表紙・目次などは除いた。更に、章区分のない単元については、章の代わりに単元そのもののページ数と分野^aを記載した。)

| 学年・巻 | 単元番号 | 章番号 | 単元名・章名 | ページ番号 | ページ数 | 分野 ^a |
|---------------|------|-----|-----------------------|-----------|------|-----------------|
| 2 学年 第 1 巻 | 1 | 章なし | 科学の本質 | 0 ～ 8 | 9 | ⑧ |
| | 2 | | 溶液 | | | |
| | | 1 | 溶液の成分と溶解度 に影響する因子 | 11 ～ 27 | 17 | ③ |
| | | 2 | 溶液の濃度 | 30 ～ 42 | 13 | ③ |
| | 3 | | 人体 | | | |
| | | 1 | 私たちの体の器官系 | 50 ～ 116 | 67 | ① |
| | 4 | | 運動と力 | | | |
| | | 1 | 運動 | 128 ～ 160 | 33 | ④ |
| | | 2 | 日常生活における力 | 164 ～ 250 | 87 | ④ |
| 2 学年 第 2 巻 | 5 | | 仕事とエネルギー | | | |
| | | 1 | 仕事、仕事率、単純 な力学 | 2 ～ 37 | 36 | ⑤ |
| | | 2 | 力学的エネルギーと エネルギー保存則 | 41 ～ 65 | 25 | ⑤ |
| | 6 | | 物質の分離 | | | |
| | | 1 | 物質の分離と応用 | 76 ～ 104 | 29 | ③ |
| | 7 | | 地球と変化 | | | |
| | | 1 | 地球の内部構造と地 表面の変化 | 112 ～ 142 | 31 | ⑥ |
| | | 2 | 土壌と水 | 145 ～ 180 | 36 | ⑥ |
| | | 3 | 地表面における自然 災害 | 183 ～ 206 | 24 | ⑥ |
| | 8 | | エネルギー資源 | | | |
| | | 1 | 電力源 | 218 ～ 243 | 26 | ② |

表 3－2：タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』第 2 学年の各章の章名・ページ数・分野^a（分野^aは BECC の科学分野であり、その分野^aの番号及びページ数の取り扱いは、表 3－1 に記したものと同様である。）

(66)

| 学年・巻 | 単元番号 | 章番号 | 単元名・章名 | ページ番号 | ページ数 | 分野 ^a |
|---------------|------|-----|---------------------|-----------|------|-----------------|
| 3 学年 第 1 巻 | 1 | | 科学と問題解決 | 0 ～ 11 | 12 | ⑧ |
| | 2 | | 遺伝学 | | | |
| | | 1 | 遺伝 | 14 ～ 71 | 58 | ① |
| | 3 | | 波と光 | | | |
| | | 1 | 波 | 80 ～ 101 | 22 | ⑤ |
| | | 2 | 光 | 103 ～ 168 | 66 | ⑤ |
| | 4 | | 私たちの太陽系 | | | |
| 3 学年 第 2 巻 | | 1 | 太陽系内の相互作用 | 182 ～ 247 | 66 | ⑦ |
| | 5 | | 化学反応と日常生活 における物質 | | | |
| | | 1 | 化学反応 | 2 ～ 34 | 33 | ③ |
| | | 2 | 日常生活における物 質 | 37 ～ 53 | 17 | ③ |
| | 6 | | 電気 | | | |
| | | 1 | 簡単な電気回路 | 62 ～ 96 | 35 | ⑤ |
| | | 2 | 日常生活における電 気 | 99 ～ 147 | 49 | ⑤ |
| | 7 | | 生態系 | | | |
| | | 1 | 生態系 | 158 ～ 181 | 24 | ② |
| | | 2 | 生物多様性 | 184 ～ 198 | 15 | ② |

表 3－3：タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』第 3 学年の各章の章名・ページ数・分野^a（分野^aは BECC の科学分野であり、その分野^aの番号及びページ数の取り扱いは、表 3－1 に記したものと同様である。）

2－3 調査対象（タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』）の BECC 科学分野ごと及び科学領域ごとの構成

タイ国教科書の内容構成を更に明らかにするために、まず、表 3－1, 2, 3 の内容を BECC 科学分野ごとにまとめ、分野ごとのページ数と割合を示した（表 4、表 5）。

| 分野 ^a | 学年・巻 | 単元・章 (番号) | 章名 (章区分のない単元は単元名) | ページ数 | |
|----------------------|-----------|--------------|----------------------|------|--------------------|
| | | | | 章ごと | 分野 ^a ごと |
| ①生物と生命の プロセス | 1 学年第 1 巻 | 3. 1 | 細胞 | 27 | 226 |
| | 1 学年第 1 巻 | 3. 2 | 細胞内輸送 | 17 | |
| | 1 学年第 1 巻 | 4. 1 | 顕花植物の生殖と繁殖 | 26 | |
| | 1 学年第 1 巻 | 4. 2 | 光合成 | 13 | |
| | 1 学年第 1 巻 | 4. 3 | 植物における水・栄養分・ミネラルの輸送 | 18 | |
| | 2 学年第 1 巻 | 3. 1 | 私たちの体の器官系 | 67 | |
| | 3 学年第 1 巻 | 2. 1 | 遺伝 | 58 | |
| ②生命と環境 | 2 学年第 2 巻 | 8. 1 | 電力源 | 26 | 65 |
| | 3 学年第 2 巻 | 7. 1 | 生態系 | 24 | |
| | 3 学年第 2 巻 | 7. 2 | 生物多様性 | 15 | |
| | 3 学年第 2 巻 | 7. 2 | 生物多様性 | 15 | |
| ③物質及び物質 の性質 | 1 学年第 1 巻 | 2. 1 | 純物質の性質 | 22 | 244 |
| | 1 学年第 1 巻 | 2. 2 | 純物質の分類と成分 | 26 | |
| | 1 学年第 2 巻 | 5. 1 | 熱と物体の変形 | 59 | |
| | 1 学年第 2 巻 | 5. 2 | 熱伝達 | 28 | |
| | 2 学年第 1 巻 | 2. 1 | 溶液の成分と溶解度に影響する因子 | 17 | |
| | 2 学年第 1 巻 | 2. 2 | 溶液の濃度 | 13 | |
| | 2 学年第 2 巻 | 6. 1 | 物質の分離と応用 | 29 | |
| | 3 学年第 2 巻 | 5. 1 | 化学反応 | 33 | |
| | 3 学年第 2 巻 | 5. 2 | 日常生活における物質 | 17 | |
| | 3 学年第 2 巻 | 5. 2 | 日常生活における物質 | 17 | |
| ④力と運動 | 2 学年第 1 巻 | 4. 1 | 運動 | 33 | 120 |
| | 2 学年第 1 巻 | 4. 2 | 日常生活における力 | 87 | |
| ⑤エネルギー | 2 学年第 2 巻 | 5. 1 | 仕事、仕事率、単純な力学 | 36 | 233 |
| | 2 学年第 2 巻 | 5. 2 | 力学的エネルギーとエネルギー保存則 | 25 | |
| | 3 学年第 1 巻 | 3. 1 | 波 | 22 | |
| | 3 学年第 1 巻 | 3. 2 | 光 | 66 | |
| | 3 学年第 2 巻 | 6. 1 | 簡単な電気回路 | 35 | |
| | 3 学年第 2 巻 | 6. 2 | 日常生活における電気 | 49 | |
| | 3 学年第 2 巻 | 6. 2 | 日常生活における電気 | 49 | |
| ⑥地球の変遷過程 | 1 学年第 2 巻 | 6. 1 | 私たちのまわりの環境 | 58 | 171 |
| | 1 学年第 2 巻 | 6. 2 | 人間と気候変動 | 22 | |
| | 2 学年第 2 巻 | 7. 1 | 地球の内部構造と地表面の変化 | 31 | |
| | 2 学年第 2 巻 | 7. 2 | 土壌と水 | 36 | |
| | 2 学年第 2 巻 | 7. 3 | 地表面における自然災害 | 24 | |
| ⑦天文学と宇宙 | 3 学年第 1 巻 | 4. 1 | 太陽系内の相互作用 | 66 | 66 |
| ⑧科学と技術の 本質 (NOST) | 1 学年第 1 巻 | 1 | どのように科学を勉強するのか | 13 | 34 |
| | 2 学年第 1 巻 | 1 | 科学の本質 | 9 | |
| | 3 学年第 1 巻 | 1 | 科学と問題解決 | 12 | |
| 合計ページ数 ^b | | | | 1159 | 1159 |

表 4：タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』の章・分野^aごとのページ数（分野^aは BECC の科学分野、ページ数の取り扱いは、表 3－1 に記した通りである。合計ページ数^bは各章（章区分のない単元は各単元）ページ数の合計である。）

| 分野 ^a | ページ数 | 全体に占める割合 (%) |
|--------------------|------|--------------|
| ①生物と生命のプロセス | 226 | 19 |
| ②生命と環境 | 65 | 6 |
| ③物質および物質の性質 | 244 | 21 |
| ④力と運動 | 120 | 10 |
| ⑤エネルギー | 233 | 20 |
| ⑥地球の変遷過程 | 171 | 15 |
| ⑦天文学と宇宙 | 66 | 6 |
| ⑧科学と技術の本質 (NOST) | 34 | 3 |
| 全ページ数 ^b | 1159 | |

表5：タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』の分野^aごとの章ページ数の合計と全体に占める割合（分野^aはBECCの科学分野であり、ページ数の取り扱いは、表3-1に記した通りである。合計ページ数^bはすべての章（章区分のない単元は単元）のページ数合計である。）

表5は、BECCの科学分野ごとの章（章区分のない単元は各単元）のページ数合計と全体に占める割合を示しているが、BECCの科学8分野の分類は、中学校理科を第1分野・第2分野に分類する日本の中学校理科学習指導要領のやり方とは著しく異なる。そこで、日本の高等学校でも利用される伝統的な理科の4区分（生物・化学・物理・地学）に新たに『科学と技術の本質（NOST）』の区分を加え、「生物的領域」「化学的領域」「物理的領域」「地学的領域」「NOST領域」を科学の5領域と定義し、以下の要領で、BECC科学分野ごとのページ数を科学の領域ごとのページ数に変換した。

- 1 上記の5領域以外に「環境的領域」「工学・技術的領域」というものが考えられるが、これらの領域は設けず、環境・技術的内容を含むものは上記の5領域の内でも最も関連の深い領域に割り当てるものとする。
- 2 1の前提で、各章（章区分のない単元については各単元）の内容を検討して、上記の5領域に対応づける。

表6は、科学の5領域と対応する『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』内の章（章区分のない単元については単元）及び領域ごとのページ数と全体に対する割合を示している。

| 領域 | 対応する章 | ページ数 | 割合 (%) |
|--------|--|------|--------|
| 生物的領域 | BECC科学分野①「生物と生命のプロセス」に当たる章はすべて含まれる。BECC科学分野②「生命と環境」のうち、第3学年の7.1生態系と7.2の生物多様性が含まれる。 | 265 | 23 |
| 化学的領域 | BECC科学分野③「物質及び物質の性質」に当たる章はすべて含まれる。 | 244 | 21 |
| 物理的領域 | BECC科学分野④「力と運動」及びBECC科学分野⑤「エネルギー」に当たる章はすべて含まれる。 | 353 | 30 |
| 地学的領域 | BECC科学分野⑥「地球の変遷過程」とBECC科学分野⑦「天文学と宇宙」に当たる章はすべて含まれる。BECC科学分野②「生命と環境」に当たる章のうち、第2学年の8.1章の電力源のみが含まれる。 | 263 | 23 |
| NOST領域 | BECC科学分野⑧「科学と技術の本質」に当たる単元はすべて含まれる。 | 34 | 3 |
| | 合計ページ数 ^b | 1159 | |

表6：本研究で定義された科学5領域と対応するタイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』内の章（章区分のない場合は単元）及び領域ごとの章（章区分のない場合は単元）ページ数の合計と全体に対する割合（BECC科学分野の概要は表1に、同各分野と教科書の各章の関係は表3-1, 2, 3に記載されている。）

タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』の「生物的領域」「化学的領域」「物理的領域」「地学的領域」「NOST領域」のそれぞれの割合は、約23%、21%、30%、23%、3%であり、「生物的領域」「化学的領域」「地学的領域」の割合はほぼ同じだが、「物理的領域」の割合はそれらの1.5倍弱である（表6）。

NOST領域のページ数が教科書全体の単元・章に占める割合は3%ではあるが、すべての学年で単元化されている。

(70)

2-4 方法

1 タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』における『科学と技術の本質 (NOST)』に関する単元 (NOST単元) の内容調査

表3-1, 2, 3と表4に示されたように、タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』内には、各学年のそれぞれ第1巻の巻頭に、NOST単元が一つずつ配置されている。具体的には以下の通りである。

- ・第1学年第1巻 (p0～p12) 「単元1. どのように科学を勉強するのか」
- ・第2学年第1巻 (p0～p8) 「単元1. 科学の本質」
- ・第3学年第1巻 (p0～p11) 「単元1. 科学と問題解決」

上記のNOST単元の内容を調査し、その記述の特徴を明らかにする。

2 日本の中学校の理科及び技術分野の教科書におけるNOSTに関連する記述の調査

日本の中学校の学習指導要領では、NOSTは知識として学ぶべき単元とはされていない。実際に、中学校の理科(5社)及び技術分野(3社)の教科書について、全単元・全章の内容を調査したが、NOST単元とみなすことのできる単元は存在しなかった。そこで、本研究では、『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』のNOST単元の内容と類似した記述を、日本の中学校の理科及び技術分野の教科書の中から摘出し、両者(タイと日本の教科書)の記述を比較した。分析に使用した日本の中学校教科書は以下の通りである。

- ・理科教科書(5社・すべて平成27年3月6日に文部科学省検定済となったもの)

新編新しい科学1・2・3(東京書籍)[岡村, ほか 2020]

中学校科学1・2・3(学校図書)[霜田, ほか 2020]

自然の探究中学校理科1・2・3(教育出版)[細谷, ほか 2020]

新版理科の世界1・2・3(大日本図書)[有馬, ほか 2020]

未来へひろがるサイエンス1・2・3(啓林館)[塚田, ほか 2020]

- ・技術分野教科書(3社・すべて平成27年2月9日に文部科学省検定済となったもの)

新編新しい技術・家庭 技術分野（東京書籍）[田口，ほか 2020]

技術・家庭 [技術分野]（開隆堂）[安東，ほか 2020]

新技術・家庭 技術分野（教育図書）[佐竹，ほか 2020]

3. 調査結果

3-1 タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』第1学年第1巻 (p0～p12)：「単元1. どのように科学を勉強するのか」の概要

本単元は、3つの主要な内容（①科学の重要性と意義、②科学者の作業プロセス、③科学のプロセススキル）からなり、加えて、「科学技術の簡単な歴史」と「様々な分野で働く科学者たち」という項目と二つの『科学の本質（NOS）』課題（色の付いた水はどう動くか？・誰の紙ロケットが長く飛ぶか？）が含まれている。3つの主要な内容について、それぞれ説明する。

1 科学の重要性と意義

- ・科学的な知識は実証可能で合理的な特徴を持っていることが説明されている（「神が太陽を振り回す」あるいは「カエルが太陽を飲み込む」等の日食の原因に関する迷信と科学的な説明を比較している）。
- ・科学は知識であると同時に知識を獲得するプロセスでもあることが説明されている。
- ・日常生活における科学の使用例を二つ挙げるように生徒にもとめている。

2 科学者の作業プロセス

- ・3人の科学者（ガリレオ・ガリレイ、パーシー・スペンサー、Pimchai Chaiyen博士）の作業プロセスの要約を読んで分析する課題が生徒に与えられている。
- ・科学者は体系的で手続き的な作業プロセスを使うこと、このようなプロセスのことを『科学的プロセス』と呼ぶことが説明されている。
- ・『科学的プロセス』は分野により手順やステップの数が異なるが、全体とし

(72)

て科学的手法は、①問題の観察と特定、②仮説、③計画と調査・試行・データ収集、④分析と解釈、⑤要約と伝達のステップからなるとして、それぞれのステップの詳細が説明されている。

3 科学のプロセススキル

- ・ 科学のプロセスに従って作業するためには、そのためのスキルが必要であり、それを「科学のプロセススキル」と呼ぶとしている。
- ・ 科学のプロセススキルには、14の項目（①観察 ②測定 ③分類 ④空間と空間・空間と時間の関係の使用 ⑤数値の使用 ⑥データの表現と伝達 ⑦推論 ⑧予測 ⑨仮説の設定 ⑩運用定義の定義 ⑪変数の制御と統制 ⑫実験 ⑬解釈と結論の導出 ⑭モデリング）が含まれるとして、それぞれの項目の内容が説明されている。

3-2 タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』第2学年第1巻 (p0～p8)：「単元1. 科学の本質」の概要

この単元は、『科学の本質（NOS）』と『科学的マインド』を、次の3つの題材を利用して生徒に理解させることを目的としている。

- ・ 原子モデルの変遷に関する記述
- ・ 後期先史時代の女性に関する考古学的研究に関する記述
- ・ 箱の中にある未知の物体が何であるかを推定する課題

1 NOSについては、次の性質が特に強調されている。

- ・ NOSは科学的世界観・科学的探究・科学的エンタープライズで構成される。
- ・ 科学者は、証拠に基づいて現象の創造的かつ論理的な説明を行う。
- ・ 科学的知識には耐久性と信頼性があるが、新しい証拠と解釈によって変更され得る。
- ・ 科学的概念、説明、および発見は、他の人に論理的に伝達される。

2 『科学的マインド』については、次の二つの態度が含まれるとしている。

- ・ 評価と意思決定の前にデータを分析し実態を推論する態度

- ・理由と証拠のある意見を受け入れる態度

3-3 タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』第3学年第1巻 (p0～p11)：「単元1. 科学と問題解決」の概要

この単元は、科学的知識の重要性と有用性を理解するための2つの課題と『工学的設計プロセス』の説明で構成されている。

1 課題(日常生活における発明品と科学知識との関連についての調査と発表)

この課題は、次の手順で行われる。

- 1) 生徒は、日常生活の中で興味のある発明を1つ選び、ブレインストーミングを行う。
- 2) 生徒は、発明の構成要素を分析し、発明と科学的知識との関係を調査する。
- 3) 生徒は、発明に必要な科学的情報を調査し、調査結果を提示する。
- 4) 生徒は、科学的知識を人間生活に適用することの重要性について議論する。

上記の過程を通じて、科学的知識の重要性を生徒に理解させる。

2 課題(限定された材料のみを使用する装置設計)

この課題で、生徒は地球温暖化における氷床の溶解を遅らせるためのモデルプロジェクトに取り組む。具体的には、生徒は特定の材料だけを使用して、室温で氷が溶けるのを遅らせるための装置を設計する。この過程を通じて、問題解決のための科学的知識の有用性を生徒に理解させる。

3 『工学的設計プロセス』

『工学的設計プロセス』は、問題を効率的に解決するために使用される体系的なプロセスであり、通常は次のような構成要素からなるとしている。

- 1) 問題の特定(問題の原因を見つける)
- 2) 可能な解決方法に関する情報とアイデアの収集
- 3) 複数の可能な解決方法の評価分析と最適な解決方法の選定と設計

(74)

- 4) 試作品の開発
- 5) 試作品の試験・評価・修正
- 6) 試作品・方法・解決方法の提示

4. 考察

4-1 タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』のNOST単元に見られる記述のまとめ

3 調査結果に記載されたように、タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』のNOST単元の記述には、次のような特徴がある。

- ・『科学的过程』とそのスキルについて、明示的で詳細な説明がある。加えて、科学の作業プロセスの共通性を理解するための課題もある。
- ・『科学の本質 (NOS)』の内容が詳細に取り上げられ、NOS課題も含まれている。
- ・『科学的マインド』が取り上げられている。
- ・『工学的設計プロセス』が問題解決との関連で取り上げられている。

4-2 『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』のNOST単元にみられる記述と日本の中学校の理科及び技術分野の教科書にみられるNOSTと関連する記述の比較

『科学的过程』・NOS・『科学的マインド』・『工学的設計プロセス』と関連する記述を、日本の中学校の理科教科書内で調査し、『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』における記述と比較した。『工学的設計プロセス』と関連する記述については、日本の中学校の技術分野の教科書内で調査し、同様に比較した。その結果は以下の通りである。

- 1 日本の中学校の理科教科書（5社）には、『科学的过程』の手順の説明と具体的な事例が記載されているが、『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』にみられた「科学者の作業プロセスの共通性を理解するための課題」や科学のプロセススキルについての詳細な説明はない。

日本の中学校の理科教科書（５社）のすべてにおいて、『科学的过程』に関する『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』ほど詳細な説明はみられなかったが、全年分冊の巻末または巻頭などに、探究または自由（課題）研究の手順と例が取り上げられていた。例えば、「新編新しい科学３（東京書籍）」においては、巻頭（p4～p6）に「探究の流れの例・レポート作成のためのノートの書き方・考察のしかた」があり、各単元末（p65、p109、p173、p229、p301）に各単元に関連した自由研究の課題例と研究の進め方などが記されていた [岡村，ほか2020]。

2 日本の中学校の理科教科書（５社）には、『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』にみられた『科学の本質（NOS）』に関する明示的で詳細な説明はない。

自然の探究中学校理科１（教育出版）のp1に「なぜ理科を学ぶのか」という題の短い文章があり、その中に、『なぜ？』という問いかけは、科学への第一歩です。興味をもったことを観察や実験で調べ、その結果を分析・解釈して理解していくことは科学的はたらきかけです。わたしたちが自らのはたらきかけによって、ものごとを知ること、それが科学であり…」という記述がみられる [細谷，ほか2020]。また、「中学校科学１（学校図書）」の巻頭の③に「ふしぎだと思うこと　これが科学の芽です　よく観察してたしかめ　そしてよく考えること　これが科学の茎です　そうして最後になぞがとける　これが科学の花です」という朝永振一郎の言葉が引用されている [霜田，ほか2020]。このように「科学とは何か」という問に対して答えようとする記述が日本の中学校の理科教科書に全くないわけではないが、NOSについては、５社すべての理科教科書において明示的に取り上げられていなかった。他方、『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』には、科学の『暫定性』などのNOSアспектについて詳細かつ明示的な説明がある。NOSの扱い方については、タイ国と日本の中学校の科学教育には明確な違いがあるといえる。

3 日本の中学校の理科教科書（５社）には、『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』にみられた『科学的マインド』に関する明示的で詳細な説明はない。

『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』にみられた『科学的マインド』という概念には「評

価値と意思決定の前にデータを分析し実態を推論する態度」や「理由と証拠のある意見を受け入れる態度」など科学的に物事を捉える態度が含まれているが、日本の中学校の理科教科書（5社）には、『科学的マインド』に関する詳細かつ明示的な記載はなかった。

日本の中学校学習指導要領理科の教科の目標には「自然の事物・現象に進んでかかわり、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。」という記述がある [文部科学省 2019]。このように同指導要領には、「進んでかかわ…」というような生徒が自ら学ぶ意思を重視した表現が多い。日本の理科教育においては、科学的態度を明示・説明的に教育するというよりは、生徒自身が観察・実験などを行なうことを通じて「理科の見方・考え方」を自ら体得することに重点が置かれているようである。

4 『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』には、『工学的設計プロセス』が問題解決との関連で取り上げられているが、日本の中学校の技術分野教科書（3社）にも、材料と加工に関する『設計・製作のプロセス』の手順が詳細かつ具体的に取り上げられている。

日本の中学校の理科教科書（5社）には『工学的設計プロセス』についての明示的で詳細な説明はないが、技術分野の教科書（3社）すべてに、材料と加工に関する『設計・製作のプロセス』の手順が70ページ程度に渡って極めて詳細に取り上げられている。加えて、「新しい技術・家庭 技術分野 未来を創るTechnology（東京書籍）」[田口，ほか2020]においては、『技術分野のガイダンス2技術は未来を創る 社会のものづくりを見てみよう（p12～p13）』に環境に配慮した自動車の開発・生産の手順が、『技術分野のガイダンス3これからの学習をみてみよう（p14～p15）』に物づくりの簡単な手順が記載されている。更に、「技術・家庭 [技術分野]（開隆堂）」[安東，ほか2020]においては、『ガイダンス 生活や社会における技術の役割 4 学習の見通しをもとう（p14～p15）』に身近な問題の解決と関連付けた『工学的設計のプロセス』の手順がわかりやすく記載されている。

5. まとめ

表7はタイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』と日本の中学校の理科及び技術分野の教科書におけるNOSTに関する記述の比較のまとめである。

| NOSTの項目 | タイ国の中学校科学教科書 『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』 | 日本の中学校理科 教科書（5社） | 日本の技術分野 教科書（3社） |
|--------------|---|---|-----------------------------------|
| 『科学的过程』 | 科学的过程の共通性を理解する課題や科学的过程スキルの一般的な要素の説明がある。 | 探究・自由（課題）研究の手順に加えて、物理・化学・生物・地学などの課題例が具体的に提示されている。 | |
| 『科学の本質（NOS）』 | NOS課題があり、科学の創造性・暫定性等についての明示的な説明がある。 | 詳細かつ明示的な説明は見られない。 | |
| 『科学的マインド』 | 科学的に物事をとらえる姿勢・態度が強調されている。 | 詳細かつ明示的な説明は見られない。 | |
| 『工学的过程の設計』 | 問題解決との関連で工学的設計プロセスを一般化・抽象化した説明がある。 | 詳細かつ明示的な説明は見られない。 | 材料加工に関する設計・製作のプロセスの詳細かつ具体的な説明がある。 |

表7：タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』と日本の中学校の理科教科書（5社）及び技術分野教科書（3社）におけるNOST記述の比較（比較に使用した日本の中学校の教科書は、2－4に記された通りである）

タイ国の中学校科学教科書『วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี』には、『科学の作業プロセス』『科学の本質（NOS）』『科学的マインド』『工学的設計プロセス』といった概念を明示的・知識的に取り上げるNOST単元がある。NOSについては、その概念を学生に十分に理解させるためには、非明示的で素朴な説明ではなく、明示的で詳細な説明が必要であるという主張もあり [Summers, ほか2019]、そのような観点では、NOSを主要概念として含むNOSTについても明示的で

(78)

詳細な説明を行うことは妥当なあり方と考えられる。

他方、日本の中学校の理科及び技術分野の教科書には、NOS・『科学的マインド』に関する明示的で詳細な記述はない。『科学的过程』や『工学的設計プロセス』については、その本質に関する明示的で詳細な説明はないものの、自由研究などの手順や課題例及び設計・製作の手順や詳細な実践例は取り上げられている。日本の中学校の理科及び技術分野の教科書は、科学や技術の原則を明示的・知識的に理解させるというよりは、実際の観察・実験や設計・製作を通じて、科学及び技術の「見方や考え方」を体得させようとする傾向があるようである。PISA2018の学習到達度調査によれば、日本の高校1年生の科学リテラシーの平均得点はOECD加盟国中第2位であり [国立教育政策研究所2019]、日本の科学教育の在り方は一定の成功を取めているとも言えるかもしれない。

しかしながら、TIMSS2015の質問紙調査によれば、K8（中学2年）の日本の生徒の中で「科学に大きな価値をおく生徒」の割合は9%に過ぎず、39ヵ国中最下位である。これに対して、タイ国・英国・米国・シンガポールの上記の割合は、それぞれ、49%・39%・38%・37%である [IEA TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College 2019]。このように日本では「科学に大きな価値をおく生徒」が諸外国に比べて著しく少ないことを考えると、日本の科学教育とその周辺には何らかの問題があると言わざるを得ない。

明治以降、日本の理科教育は諸外国の影響を受けてはいるが、世界各国で科学教育に導入されている『科学の本質（NOS）』は日本の学習指導要領には取り入れられておらず、日本独自の発展を遂げてきた要素もある。今後は、『科学の本質（NOS）』やタイ国の『科学と技術の本質（NOST）』など、諸外国では利用されているが、日本では明示的に利用されていない科学教育の概念が更に研究され、その導入の是非が検討されるべきであろう。

謝辞

この研究は早稲田大学特定課題助成費を利用して実施された。

参考文献

- ARCHIEVE. NEXT GENERATION SCIENCE STANDARDS FOR STATES, BY STATES (The Official NGSS site).2013. <https://www.nextgenscience.org/> [アクセス日:2020年10月15日].
- FaikhamtaChatree, KetsingJeerawan, TanakAkarat, ,ChamratSuthida. “Science teacher education in Thailand:a challenging journey.” Asia-Pacific Science Education 4:3, 2018.
- FiegenerK.Mark. “Top 40 countries or economies of origin, ranked by number of doctorate recipients.” 米国国立科学財団 (NSF). 2017. <https://www.nsf.gov/statistics/2017/nsf17306/data.cfm> [アクセス日: 2020年10月15日].
- IEA TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College. “DOWN LOAD CENTER.” TIMSS 2015 INTERNATIONAL REPORTS. 2019. <http://timss2015.org/download-center/> [アクセス日: 2020年10月31日].
- LedermanN.G. Students’ and Teachers’ conceptions of the nature of science: A review of the research. Journal of research in science teaching 29(4), 1992, 331 ～ 359.
- Ministry of Education Thailand. “Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D.2008).” The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). 2008. <http://www.ipst.ac.th/images/2017/CoreCurriculum2551/TH.pdf> [アクセス日: 2020年10月16日].
- SummersRyan, AlamehSahar, BrunnerJeanne, MadduxMJohn, WallonCRobert, , Abd-El-KhalickFouad. “Representations of nature of science in U.S. science standards: A historical account with contemporary implications.” Journal of Research in Science Teaching 56(9), 2019, 1234 ～ 1268.
- 安東茂樹, , ほか. 文部科学省検定教科書 技術・家庭 [技術分野]. 開隆堂出版株式会社, 2020.
- 岡村定矩, , ほか. 文部科学省検定教科書 新編新しい科学1・2・3. 東京書籍株式会社, 2020.
- 国立教育政策研究所. “OECD 生徒の学習到達度調査2018年調査 (PISA2018) のポ

(80)

イント.” 国立教育政策研究所. 2019年12月3日.

https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2018/01_point.pdf

[アクセス日: 2020年10月15日].

佐竹隆顕, , ほか. 文部科学省検定教科書 新技術・家庭 技術分野. 教育図書株式会社, 2020.

細谷治夫, , ほか. 文部科学省検定教科書 自然の探究中学校理科1・2・3. 教育出版株式会社, 2020.

霜田光一, , ほか. 文部科学省検定教科書 中学校科学1・2・3. 学校図書株式会社, 2020.

中島康. “高等学校生物教科書(1950～70年代)の分子生物学トピックにおけるNOS(科学の本質)アスペクトの記述について.” 早稲田大学高等学院研究年誌(64), 2020, p23～p39.

塚田捷, , ほか. 文部科学省検定教科書 未来へひろがるサイエンス1・2・3. 株式会社新興出版社啓林館, 2020.

田口浩継, , ほか. 文部科学省検定教科書 新編新しい技術・家庭 技術分野 未来を創るTechnology. 東京書籍株式会社, 2020.

文部科学省. “新しい時代の高等学校教育の在り方ワーキンググループ(第4回)会議資料.” 文部科学省. 2019年10月15日.

https://www.mext.go.jp/kaigisiryoy/2019/10/1421972_25608.html

[アクセス日: 2020年10月15日].

文部科学省. “中学校学習指導要領(平成29年告示)解説.” 文部科学省. 2019年3月18日.

https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_005.pdf [アクセス日: 2020年10月15日].

方城通介, , 秋吉博之. “日本とタイ王国の理科教育比較—中等学校理科教科書化学分野を通して—.” 大阪教育大学紀要第V部門第65巻第1号, 2016, p1～p20.

有馬朗人, , ほか. 文部科学省検定教科書 新版理科の世界1・2・3. 大日本図書株式会社, 2020.